

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-239634

(43)Date of publication of application : 11.09.1998

(51)Int. Cl. G02B 27/22
H04N 13/04

(21)Application number : 09-043468 (71)Applicant : MINOLTA CO LTD

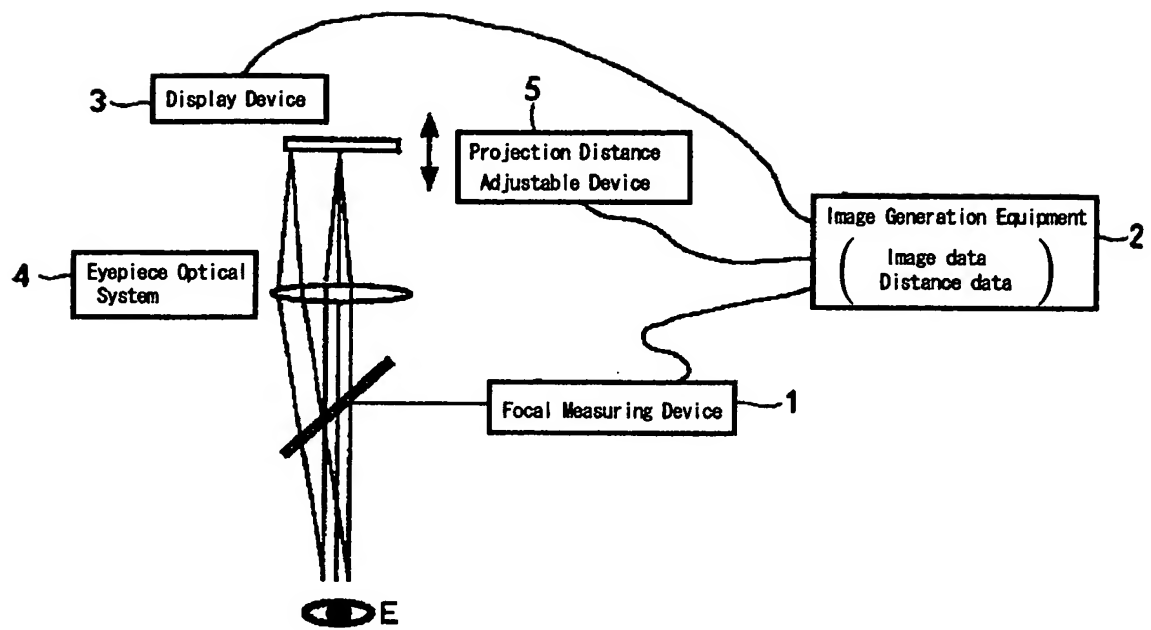
(22)Date of filing : 27.02.1997 (72)Inventor : SATO AKIRA

(54) STEREOSCOPIC VIDEO DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a stereoscopic video display device which displays a natural stereoscopic video which causes less fatigue of eyes.

SOLUTION: A focus measuring instrument 1 detects the visual distance from eyes to a gaze point. An image generator 2 generates display data of an image subjected to out-of-focus processing based on image data of an original image consisting of plural picture elements, distance data of each picture element, and the visual distance. A display element 3 displays an image based on display data. An eyepiece optical system 4 project the displayed image as a virtual image. A projection distance varying mechanism 5 controls the projection distance of the virtual image so that the virtual image is projected in the position of the gaze point.



Representative drawing

[JP,10-239634,A]

[Claim(s)]

[Claim 1] The image data of the subject-copy image which consists of two or more pixels, and the distance data about each pixel of said subject-copy image, since -- based on the indicative data of the generated image with a detection means to be equipment which displays 3-dimensional scenography and to detect the sight from an observer's eye to a fixation point An image generation means to generate the indicative data of the image with which pin dotage processing was performed to the sight list detected with this detection means based on said image data and distance data, An image display means to display an image based on the indicative data generated with this image generation means, The solid graphic display device characterized by having an image projection means to project the image displayed with this image display means as a virtual image, and the control means which controls the projection distance of a virtual image so that said virtual image is projected on the location of said fixation point.

[Claim 2] Said image generation means calculates the amount of pin dotage about each pixel of said subject-copy image from said distance data and said sight in generation of said indicative data. The distance data about said each pixel are compared with the distance data about the circumference pixel located in the field equivalent to said amount of pin dotage of the pixel. The solid graphic display device according to claim 1 characterized by processing to the indicative data of said circumference pixel so that the pixel may become pin dotage only about the pixel which has distance data near [pixel / said / circumference] an observer.

[Claim 3] A detection means to be equipment which displays 3-dimensional scenography and to detect the sight from an observer's eye to a fixation point, An image generation means to generate the indicative data of the image with which pin dotage processing was performed according to the sight detected with this detection means, The laser light source which emits laser light based on the indicative data generated with this image generation means, The condenser lens which condenses the laser light emitted from this laser light source, A laser scan means to scan the laser light condensed with this condenser lens to two-dimensional, and to form a middle image, The solid graphic display device characterized by having the eyepiece optical system which projects the middle image formed by this laser scan means as a virtual image, and the control means which controls the distance between said laser light sources and said condenser lenses so that said virtual image is projected on the location of said fixation point.

[Claim 4] A detection means to be equipment which displays 3-dimensional scenography and to detect the refractive power of an observer's eye, A calculation means to compute the sight from an observer's eye to a fixation point from the refractive power detected with said detection means, An image generation means to generate the indicative data of the image with which pin dotage processing was performed according to the sight computed with this calculation means, An image display means to display an image based on the indicative data generated with this image generation means, The solid graphic display device characterized by having an image projection means to project the image displayed with this image display means as a virtual image, and the control means which controls the projection distance of a virtual image so that said virtual image is projected on the location of said fixation point.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the solid graphic display device which makes it possible to be used for a head mount display {HMD (head mounted display)} etc., for example, to observe 3-dimensional scenography as a virtual image about a solid graphic display device.

[0002]

[Description of the Prior Art] The conventional HMD projects the virtual image for - left eyes for right eyes on a certain decided distance, and it is constituted so that 3-dimensional scenography may be displayed based on binocular parallax. Since the focal regulation function of man's eye is disregarded according to this composition,, if long duration 3-dimensional scenography is observed, the problem that an eye gets tired will occur. The solid graphic display device aiming at solving this problem is proposed by JP,6-235885,A. By detecting the direction of a look of both eyes, this equipment asked for the eyeball congestion location, and has taken the configuration which projects a virtual image on that eyeball congestion location.

[0003] Moreover, HMD of a laser scanning-type (the so-called retina direct writing type) is proposed by U.S. Pat. No. 5,355,181 as other equipments which display 3-dimensional scenography. According to this equipment, the display of 3-dimensional scenography is performed by performing focusing based on the distance data about each pixel of an image at high speed, performing a laser scan.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] To compensate for change of the congestion location of right-and-left both eyes, it carries out regulating automatically of the image

formation location of a display image to the equipment proposed by JP,6-235885,A, and the principle of making an image formation location in agreement with an eyeball congestion location is adopted as it. However, since there is variation in the interpupillary distance by individual human being, it is difficult to ask for an observer's eyeball congestion location correctly. And if image formation justification of a display image becomes incorrectness, an eyeball congestion location and an image formation location will not be in agreement, and the problem that an eye fatigue-comes to be easy conversely will occur.

[0005] By the way, when the body of a short distance placed before the far background with the solid graphic display device is seen, it is desirable for the edge of the body of this side which the profile carried out distinctly before the blurred background to be able to be seen clearly. However, according to the equipment proposed by U.S. Pat. No. 5,355,181, the image of the background which faded on the edge of a front body will be visible to the condition of having entered and overlapped. For this reason, 3-dimensional scenography becomes unnatural and the problem that a sense of reality is spoiled occurs.

[0006] It is made in order that this invention may solve the above troubles, and the purpose is in offering the solid graphic display device which can display natural 3-dimensional scenography with little fatigue of an eye.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the solid graphic display device of the 1st invention The image data of the subject-copy image which consists of two or more pixels, and the distance data about each pixel of said subject-copy image, since -- based on the indicative data of the generated image with a detection means to be equipment which displays 3-dimensional scenography and to detect the sight from an observer's eye to a fixation point An image generation means to generate the indicative data of the image with which pin dotage processing was performed to the sight list detected with this detection means based on said image data and distance data, An image display means to display an image based on the indicative data generated with this image generation means, It is characterized by having an image projection means to project the image displayed with this image display means as a virtual image, and the control means which controls the projection distance of a virtual image so that said virtual image is projected on the location of said fixation point.

[0008] The solid graphic display device of the 2nd invention is set in the configuration of invention of the above 1st. Said image generation means In generation of said indicative

data, the amount of pin dotage about each pixel of said subject-copy image is calculated from said distance data and said sight. The distance data about said each pixel are compared with the distance data about the circumference pixel located in the field equivalent to said amount of pin dotage of the pixel. Only about the pixel which has distance data near [pixel / said / circumference] an observer, it is characterized by processing to the indicative data of said circumference pixel so that the pixel may become pin dotage.

[0009] A detection means for the solid graphic display device of the 3rd invention to be equipment which displays 3-dimensional scenography, and to detect the sight from an observer's eye to a fixation point, An image generation means to generate the indicative data of the image with which pin dotage processing was performed according to the sight detected with this detection means, The laser light source which emits laser light based on the indicative data generated with this image generation means, The condenser lens which condenses the laser light emitted from this laser light source, A laser scan means to scan the laser light condensed with this condenser lens to two-dimensional, and to form a middle image, It is characterized by having the eyepiece optical system which projects the middle image formed by this laser scan means as a virtual image, and the control means which controls the distance between said laser light sources and said condenser lenses so that said virtual image is projected on the location of said fixation point.

[0010] A detection means for the solid graphic display device of the 4th invention to be equipment which displays 3-dimensional scenography, and to detect the refractive power of an observer's eye, A calculation means to compute the sight from an observer's eye to a fixation point from the refractive power detected with said detection means, An image generation means to generate the indicative data of the image with which pin dotage processing was performed according to the sight computed with this calculation means, An image display means to display an image based on the indicative data generated with this image generation means, It is characterized by having an image projection means to project the image displayed with this image display means as a virtual image, and the control means which controls the projection distance of a virtual image so that said virtual image is projected on the location of said fixation point.

[0011]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the solid graphic display device which carried out this invention is explained, referring to a drawing. in addition, the image data of the subject-copy image which changes from two or more pixels to the display of the 3-dimensional scenography by the gestalt of this operation and the distance data about

each pixel of a subject-copy image -- since -- although the indicative data of the generated image is used, the above-mentioned image data and distance data are standardly generated by the hardware of existing equipment, and software so that it may mention later.

[0012] Display principle (drawing 1 - drawing 4)>> of <<3-dimensional scenography
The display principle of 3-dimensional scenography adopted as the gestalt of this operation is explained first. the relation between the display object (an apple and tree) with which Observer P is looking at drawing 1 , and the projection distance L1 and L2 - being shown , drawing 2 (a) -- therefore, the prepared subject-copy image (there shall be no pin dotage covering the whole surface in this subject-copy image) is shown. The case where Observer P observes the apple in this subject-copy image and a wooden image is considered. When performing a three dimensional display the distance from Observer P to an apple and the distance to a tree differ, and are in sight, in order to observe natural 3-dimensional scenography gentle to Eye E, it is necessary to change the projection distance of a virtual image according to the distance (namely, Observer's P sight) which is [of Observer's P eye E] to the point. Then, when the distance from Observer P to an apple is [the distance from Observer P to a tree] 50m in 2m, when Eye E has doubled the focus with the apple, a virtual image S1 is moved so that projection distance (L1) may be set to 2m, and when Eye E has doubled the focus with the tree, a virtual image S2 is moved so that projection distance (L2) may be set to 50m.

[0013] The image processing for raising a cubic effect to the image projected on coincidence at this time is performed. That is, while the image processing which shows an apple distinctly and obscures wooden one is performed as it is shown in drawing 2 (b), while Observer P is looking at the apple of 2m beyond, and Observer P is looking at the tree of 50m beyond, the image processing which shows a tree clearly and obscures an apple as shown in drawing 2 (c) is performed. Thus, when the 2 more than display object with which the distance from Observer P differs exists in a subject-copy image, 3-dimensional scenography with natural depth perception is constituted by detecting far and near relation (that is, distance data) about the pixel which constitutes each display object, and indicating the display object which Observer P is not seeing by pin dotage.

[0014] Furthermore, when it approaches or overlaps and an apple and a tree are observed, the following image processings are performed. Drawing 3 shows the image which the apple and the tree approached, and drawing 4 shows the image which the apple and the tree overlapped. In drawing 3 and drawing 4 , (a) is a subject-copy image, (b) is an image when Observer P is looking at the apple, and (c) is an image when Observer P is looking at the tree.

[0015] While Observer P is looking at the apple of 2m beyond, as shown in the part E1 in drawing 3 (b) and drawing 4 (b), a pin dotage image which is observed without the edge of Thurs. by which the distant view faded lapping with the apple which the close-range view carried out distinctly is generated. While Observer P is looking at the tree of 50m beyond, as shown in the part E2 in drawing 3 (c) and drawing 4 (c), a pin dotage image with which the edge of the apple with which the close-range view faded is observed by lapping with the tree which the distant view carried out distinctly is generated. Thus, when it approaches or overlaps and two or more display objects with which the distance from Observer P differs are observed, 3-dimensional scenography with still more natural depth perception is constituted by performing the display overlapped only when the display object which detects and carries out pin dotage of the far and near relation (that is, distance data) about the pixel which constitutes each display object was in this side.

[0016] Basic configuration / display procedure (drawing 5 R> 5, drawing 6)>> of the gestalt of <<operation Next, the fundamental configuration of the solid graphic display device which carried out this invention is explained about a one eye side. The main components are the focal measuring device 1, image generation equipment 2, a display device (two-dimensional display devices, such as a liquid crystal panel) 3, the eyepiece optical system 4, and the projection distance adjustable device 5, as shown in drawing 5 .

[0017] The focal measuring device 1 is a detection means which detects the refractive power of Observer's P eye E, is based on the refractive power, and computes and outputs the sight (location of a fixation point with which in other words Eye E has doubled the focus) from Eye E to a fixation point. From the detected sight, it can know what m beyond Observer P is looking at.

[0018] Image generation equipment 2 is an image generation means to generate indicative-data C (n) of the image with which pin dotage processing mentioned later was performed based on the sight, the image data, and distance data which were detected with the focal measuring device 1. A display device 3 is an image display means to display an image based on indicative-data C (n) generated with image generation equipment 2.

[0019] The eyepiece optical system 4 is an image projection means to project the image displayed by the display device 3 as a virtual image. The projection distance adjustable device 5 is a control means which is autofocus and controls the projection distance L of a virtual image, as a virtual-image location is moved to distance, without changing the field angle and location of a display object (for example, an apple and a tree) in a

subject-copy image and said virtual image is projected on the location of the fixation point of Eye E.

[0020] The basic algorithm shown in drawing 6 shows the display procedure performed using the above-mentioned component. First, the focal measuring device 1 detects the sight of Eye E (§10). the detected sight and the distance data about each pixel of a subject-copy image -- since -- the pin dotage degree (the amount of pin dotage) of each pixel is computed, pin dotage processing is performed to the image data of a subject-copy image based on the result, and the indicative data of an image is generated (§20). And the indicative data of the image with which pin dotage processing was performed is displayed by the display device 3, the image is projected as a virtual image by the eyepiece optical system 4, and the virtual image is projected on the location of a fixation point by the projection distance adjustable device 5 (§30).

[0021] << stupor image processing (drawing 7 - drawing 12)>> Next, the pin dotage processing performed by image generation equipment 2 (drawing 5) is explained. The subject-copy image which consists of the pixel of N individual is prepared, the number of No. 1-N is given to each pixel, and the number of the pixel of arbitration is set to n. Distance data B (n) ,which express the distance from Pupil EP to a display object as image data A (n) which consists of color information, brightness information, etc. about each pixel n of a subject-copy image are contained in the image {each (a) of drawing 2 - drawing 4 } of a subject-copy image. for example, when displaying the apple shown in drawing 7 , the color information on the apple to display and brightness information are stored in image data A (n), and the distance information of 2m is stored in distance data B (n) -- {-- however, let the value of B (n) be as large a thing as distance being large (far). }.

[0022] In the process (drawing 8) of pin dotage processing, indicative-data C (n) computed from the projection distance (namely, sight of Eye E) L of data A (n), B (n), and a virtual image is used for the image display by the display device 3. Pin dotage processing for computing this indicative-data C (n) is performed one by one about all the pixels 1 of a subject-copy image - N so that it may mention later (drawing 9 R> 9). in addition, data A (n) and C (n) -- general -- the three primary colors (R, G, B) -- it can express with each brightness information.

[0023] Below, the procedure of the pin dotage processing about Pixel n is explained based on the flow chart of drawing 9 . In addition, the information on brightness zero shall be inputted into C (n) before pin dotage processing as initial value. First, after initializing a pixel number (#10, n= 1), the amount rn of dotage of the image about Pixel n is computed (#20).

[0024] Here, the calculation approach of the amount r_n of dotage is explained based on drawing 10. Each sign in drawing 10 is defined as follows.

I: The image surface on the retina of Observer's P eye E.

EP: The pupil of Observer's P eye E.

r: The radius of Observer's P pupil EP.

S: The virtual-image side observed through the eyepiece optical system 4.

R: The radius of the dotage image in the virtual-image side S.

OP: The object point which has arranged spatially the pixel n which is going to calculate the amount r_n of dotage.

H: Distance from Observer's P pupil EP to the object point OP (distance data B (n)).

L: Distance from Observer's P pupil EP to the virtual-image side S (focal measuring device 1).

[0025] When the object point OP is an ideal point, the magnitude of dotage of the object point OP observed in the virtual-image side S is expressed with radius: $R = |rx(H-L)/H|$ of the dotage image in the virtual-image side S. If this is changed to an include-angle display (radian), it will become magnitude (radius): $r_n = |2r(H-L) / LH|$ of the amount of dotage (radian). Here, about the radius r of the pupil EP in actual count, Observer's P actual pupil diameter may be measured and the numeric value (for example, 1mm. - 5mm) decided beforehand may be used.

[0026] The flow chart of drawing 9 is asked for return and the field which overlaps the pixel (henceforth a "circumference pixel") to which the dotage about Pixel n is located around it (#30). As shown in drawing 11, Eye E is placed near the focal location of the eyepiece optical system 2 (f : focal distance), and when the optical system constituted so that the image on a display device 3 might be observed is considered, the distance p on a display device 3 is equivalent to p/f (radian) seemingly. Then, as shown in drawing 12, the distance to the pixel of the arbitration located around it from Pixel n defines at intervals of $[$ of the core of Pixel n , and the core of the pixel of the above-mentioned arbitration $]$ d , and the circumference pixel which is in the location which fills formula: $d/f < r_n$ further defines as the circumference pixel located in the field (namely, field equivalent to the amount of pin dotage) where Pixel n carries out pin dotage, and the dotage overlaps the pixel of the above-mentioned arbitration. It asks for the number of the circumference pixel applicable to this definition, and is referred to as the circumference pixel $x(1)$, $x(2)$, --, $x(m)$ at order from the one where a number is younger. m step # pixel $[$ which were called for by 40 after initializing the circumference pixel number k ($k=1$) / circumference $]$ $x(1)$ - of drawing 9 -- the following processings (#50-#100) are performed to $x(m)$ in an order from $x(1)$ about $x(m)$.

[0027] It judges whether the circumference pixel $x(k)$ is the same as Pixel n (#50). When the circumference pixel $x(k)$ differs from Pixel n , distance data [of the pixel n made to overlap the distance data $B(x(k))$ of the circumference pixel $x(k)$ located around Pixel n] $B(n)$ is compared (#70). In this judgment (#70), after restricting the digit count of distance data so that the overlap of dotage as shown in drawing 3 (c) and drawing 4 (c) may occur, {when [for example,] the difference of the distance of $B(x(k))$ and $B(n)$ is 10mm or less} when $B(x(k))$ and $B(n)$ are the almost same values, the comparison operation of distance data is performed. A limit of the digit count of distance data is performed by omitting a digit 10mm or less.

[0028] Step # When it judges with the pixel n being in this side from the circumference pixel $x(k)$ by 70, [the brightness information/ m] of $A(n)$ are added to {the case of $B(x(k)) \geq B(n)$ }, and the brightness information of $C(x(k))$ in three primary colors (#80). Thereby, the brightness of Pixel n is distributed by homogeneity at circumference pixel $x(1) - x(m)$ which is m pieces. that is, -- here -- the brightness information of image data $A(n)$ -- the circumference pixel $x(1) - m$ circumference pixel [which carried out pin dotage by dividing by the number (m) of $x(m)$, and adding] $x(1)$ - it is made to become the same as the brightness of image data [of even if $x(m)$ gathers] $A(n)$ By this processing, as shown in drawing 3 (c) and drawing 4 (c), the image to which dotage of an apple entered and overlapped the wooden edge will be observed.

[0029] On the other hand, when it judges with the circumference pixel $x(k)$ being in this side from Pixel n by step #70, {the case of $B(x(k)) < B(n)$ } and $C(x(k))$ are not changed. By not changing $C(x(k))$, as shown in drawing 3 (b) and drawing 4 (b), the edge of the apple which the profile carried out distinctly in front of the blurred tree will be observed clearly. Thus, only when the direction of the pixel n which is going to carry out pin dotage sees from Observer P and is located in this side from the circumference pixel $x(k)$ which has not carried out pin dotage of the basis, it is made for the overlap { drawing 3 (c) and drawing 4 (c)} of dotage to occur.

[0030] Step # By the judgment of 50, when the same as Pixel n , the circumference pixel $x(k)$ does not need to compare distance data, and adds [the brightness information/ m] of $A(n)$ to $C(n)$ already stored (#60). Step # The above-mentioned processing (#50-#100) is repeated until it becomes $k=m$ by 90, and indicative-data $C(n)$ is generated about all the pixels from 1 to N by repeating the above-mentioned processing (#20-#120) until it becomes $n=N$ by step #110. Based on obtained indicative-data $C(n)$, image display is performed by the display device 3, and the image which pin dotage generated through the eyepiece optical system 4 is observed by Observer P.

[0031] Image generation equipment 2 as mentioned above, the amount rn of pin dotage

about each pixel of a subject-copy image { each (a) of drawing 2 - drawing 4 } Ask from distance data B (n) and Sight L (#20), and the distance data B (x (k)) about distance data [about each pixel n] B (n) and the circumference pixel x (k) are compared (#70). It has processed to indicative-data C (x (k)) of the circumference pixel x (k) so that the pixel n may become pin dotage from the circumference pixel x (k) only about the pixel n which has distance data B (n) near Observer P (#80). In this processing (#80), the brightness information of image data A (n) is distributed to two or more circumference pixels x (k) decided based on Sight L and distance data B (n), and this processing (#80) is not performed about the pixel n which has distance data B (n) far from Observer P from the circumference pixel x (k). Thus, the cubic effect of 3-dimensional scenography can be raised by performing pin dotage processing to image data A (n) generated beforehand and distance data B (n).

[0032] Image data A (n) used for the above-mentioned pin dotage processing and distance data B (n) are used for more various solid graphic display than before. For example, the image incorporated with the three-dimension scanner has distance data of each pixel which constitutes an image with image data. According to the gestalt of this operation, the 3-dimensional scenography observation also with such natural images is possible. Moreover, in the computer which generates 3D-Graphics, or the game machine, the distance data of each pixel are generated in the process which generates image data, and the distance data is stored in the memory called Z-buffer. Therefore, according to the gestalt of this operation, it is possible to observe natural 3-dimensional scenography taking advantage of the hardware of those existing equipments and software.

[0033] Optical configuration (drawing 13 R> 3)>> of <<laser scanning HMD The optical configuration of HMD of a laser scanning-type which carried out this invention to drawing 13 is shown. This HMD is equipped with the display unit 10 which constitutes an image display means and a control means, the half mirror 16 and concave mirror 17 which constitute an image projection means (eyepiece optical system), and the infrared transparency filter 18 and the focus detection unit 19 which constitute a detection means. And the laser scanner 14 grade is used as an image display means instead of the two-dimensional display device 3 (drawing 5) in the solid graphic display device mentioned above.

[0034] The display unit 10 consists of the condenser lens 12 which condenses the laser light emitted from the laser light source (a driver is included.) 11 which emits laser light based on the indicative data generated with image generation equipment 2 (drawing 5 R> 5), and the laser light source 11, focusing equipment (for example, it consists of a linear motor etc.) 13, the laser scanner (for example, it consists of a polygon mirror, a

galvanomirror, etc.) 14, and the half mirror 15. An image display means to perform image display based on an indicative data consists of the laser light source 11, a condenser lens 12, a laser scanner 14, and a half mirror 15. Moreover, the control means which controls the distance between the laser light source 11 and a condenser lens 12 so that a virtual image is projected on the location of the fixation point of Eye E consists of a condenser lens 12 and focusing equipment 13.

[0035] The laser light from the laser light source 11 turns into convergence light with a condenser lens 12, and penetrates a half mirror 15. It is combined with focusing equipment 13 and a condenser lens 12 is driven in the direction of an optical axis according to the control signal from focusing equipment 13. The laser light which penetrated the half mirror 15 is scanned by two-dimensional with the laser scanner 14, and a middle image is formed. It is reflected by the half mirror 15 and the laser light which came out of the laser scanner 14 faces to a half mirror 16. And after it is reflected with a half mirror 16 and a concave mirror 17 and laser light penetrates a half mirror 16, it is led to the location of Observer's P pupil EP.

[0036] Thus, the eyepiece optical system which consists of a half mirror 16 and a concave mirror 17 projects the middle image formed by the laser scanner 14 as a virtual image. The reflector of a concave mirror 17 has constituted the shape of the spherical surface centering on a pupil EP location mostly, and the laser scanner 14 is arranged in the location almost equivalent to the spherical-surface core of the reflector of a concave mirror 17. Moreover, although a spherical-surface-like middle image is mostly formed of the display unit 10, the middle image and reflector of a concave mirror 17 are this alignment mostly.

[0037] The focus detection unit 19 arranged at the half mirror 16 bottom projects an infrared index on the retina of Eye E, detects the situation of the focus of Eye E by measuring the contrast, and has become the structure which acquires a sight from the detection result. Although the optical path from the focus detection unit 19 to Eye E is bent by the half mirror 16, in order to avoid the laser light which carries out direct incidence from the display unit 10 to the focus detection unit 19 through a half mirror 16, the infrared transparency filter 18 which makes only infrared radiation penetrate between a half mirror 16 and the focus detection unit 19 is arranged. A noise can be reduced with this infrared transparency filter 18.

[0038] Although focusing is performed by moving a condenser lens 12 with focusing equipment 13, even if it adjusts a virtual-image location by focusing, the magnitude (image point location on a retina) of the appearance of the image decided by the scan include angle of the laser scanner 14 does not change. Thus, since a virtual-image

location can be adjusted without changing the magnitude of an image by moving the small condenser lens 12, the whole solid graphic display device can be made very small. Moreover, although this HMD has composition which equipped the display unit 10 with the laser light source 11, the display unit 10 is possible also for attaining colorization of a solid graphic display device by preparing a light source unit independently, inputting the light (R, G, B) from the three laser light sources into a fiber, and arranging the output side end face of a fiber in the light source location in drawing 13 .

[0039] When two-dimensional display devices (liquid crystal panel etc.) like a display device 3 (drawing 5) are used, in order to change the projection distance L, a display device 3 and the eyepiece optical system 4 will be moved. Since size is comparatively large, these components are not easy to maintain and move sufficient precision. Moreover, when changing spacing of a display device 3 and the eyepiece optical system 4, in order to make it degradation of the image by aberration not take place, complicated optical system is needed. Since it will end if the display which displays by laser scan is used as shown in drawing 13 , and a comparatively small component is moved like the laser light source 11 or a condenser lens 12, the projection distance L can be more easily changed with a sufficient precision. And since the eyepiece optical system 4 (drawing 5) consists of the half mirror 16 and the concave mirror 17, in spite of being an easy configuration, projection without image degradation is possible.

[0040] Concrete configuration (drawing 14)>> of the <<binocular vision HMD Fig. 1414 shows the appearance of HMD which constituted Above HMD (drawing 13) in binocular visions. This HMD equips right-and-left both eyes with the observation optical system which consists of the display unit 10, a half mirror 16, and a concave mirror 17, respectively, and observation of 3-dimensional scenography is attained. The focus detection unit 19 is formed only in the right eye side, focusing equipment 13 is controlled based on the signal from this focus detection unit 19, and focusing of right-and-left both eyes is performed. Moreover, pin dotage processing mentioned above is performed based on the signal from the focus detection unit 19, and the signal from image generation equipment 2.

[0041]

[Effect of the Invention] Since a virtual image is projected on an observer's fixation point location according to the 1st - the 4th invention as explained above, it is effective in that there is little fatigue of an observer's eye. Moreover, since pin dotage processing according to a sight is performed to an image, observation of natural 3-dimensional scenography with presence is possible.

[0042] Since the natural depth perception that the foreground distinctly made into the

background which carried out pin dotage can be seen is obtained according to the 2nd invention, it is possible to observe the 3-dimensional scenography whose presence increased further. It is effective in the fatigue at the time of 3-dimensional scenography observation being further mitigated by this natural depth perception display.

[0043] Since the condenser lens to which it is made to move for focusing for example can be miniaturized according to the 3rd invention, the whole equipment can be made very small. Moreover, only projection distance can be changed, without generating a location gap of the projection image on a retina in focusing, since eyepiece optical system can be constituted from a spherical mirror, a half mirror, etc. And the good image formation engine performance can be obtained over the whole surface of a virtual image.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The mimetic diagram for explaining the display principle adopted as the solid graphic display device which carried out this invention.

[Drawing 2] Drawing showing the subject-copy image in drawing 1, and the image observed.

[Drawing 3] Drawing showing the generating condition of the pin dotage image about a subject-copy image that the display object approached.

[Drawing 4] Drawing showing the generating condition of the pin dotage image about the subject-copy image which the display object overlapped.

[Drawing 5] The block diagram showing the elemental ingredient of the solid graphic display device which carried out this invention.

[Drawing 6] The flow chart which shows the fundamental algorithm of the solid graphic display device which carried out this invention.

[Drawing 7] Drawing for explaining the image data of a subject-copy image, and distance data.

[Drawing 8] The block diagram for explaining the process of pin dotage processing.

[Drawing 9] The flow chart which shows the procedure of the pin dotage processing performed to an image.

[Drawing 10] Drawing for explaining calculation of the amount of dotage.

[Drawing 11] Drawing for explaining the field where the dotage about a certain pixel overlaps a circumference pixel.

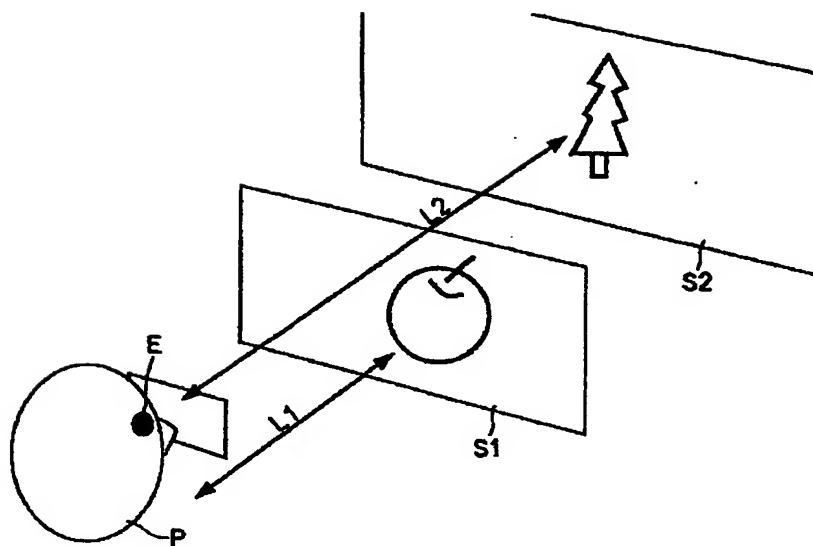
[Drawing 12] Drawing for explaining the field where the dotage about Pixel n overlaps circumference pixel $x(1)$ - $x(m)$.

[Drawing 13] the laser scanning-type which carried out this invention -- drawing of longitudinal section showing the optical configuration of HMD typically.

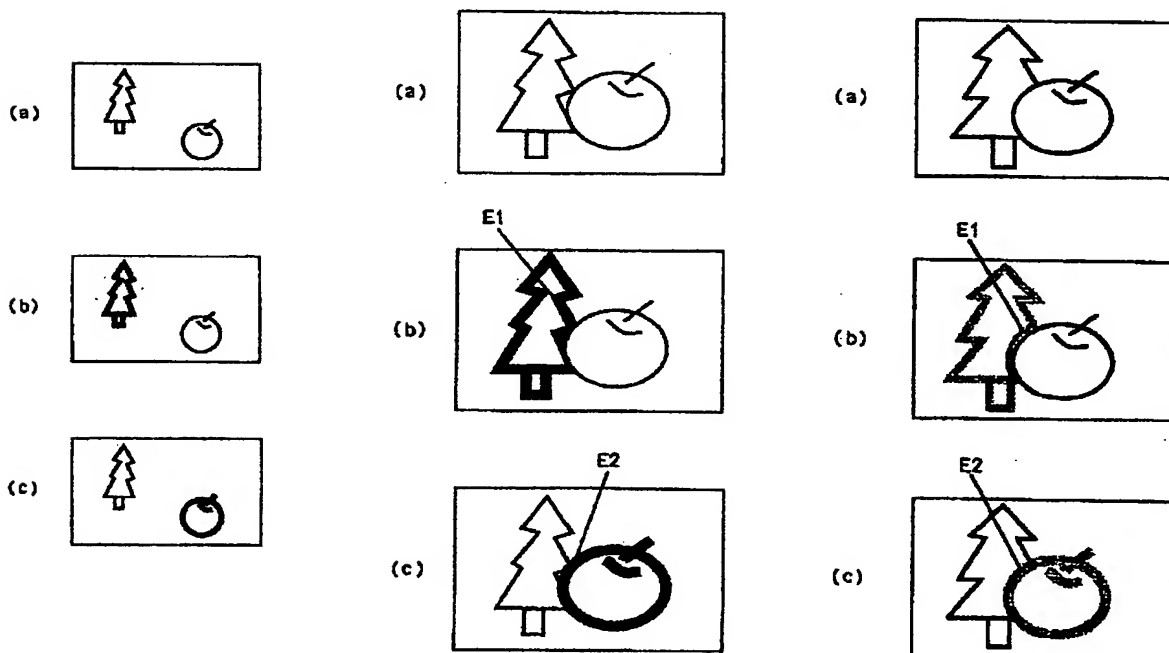
[Drawing 14] The perspective view showing typically the appearance configuration of the binocular vision HMD which carried out this invention.

[Description of Notations]

- 1 -- Focal Measuring Device**
- 2 -- Image Generation Equipment**
- 3 -- Display Device**
- 4 -- Eyepiece Optical System**
- 5 -- Projection Distance Adjustable Device**
- 10 -- Display Unit**
- 11 -- Laser Light Source**
- 12 -- Condenser Lens**
- 13 -- Focusing Equipment**
- 14 -- Laser Scanner**
- 15 -- Half Mirror**
- 16 -- Half Mirror**
- 17 -- Concave Mirror**
- 18 -- Infrared Transparency Filter**
- 19 -- Focus Detection Unit**



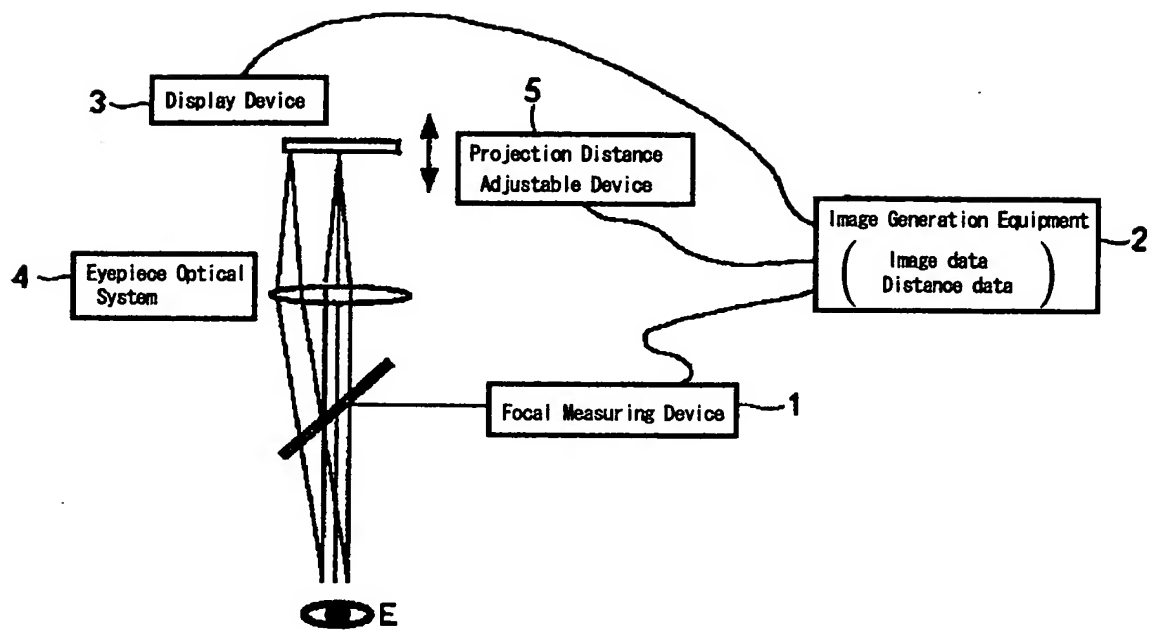
Drawing 1



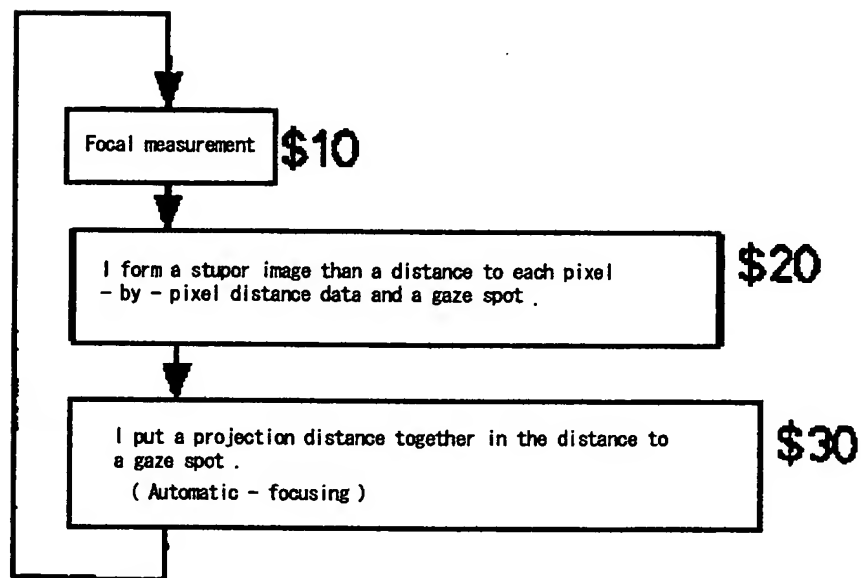
Drawing 2

Drawing 3

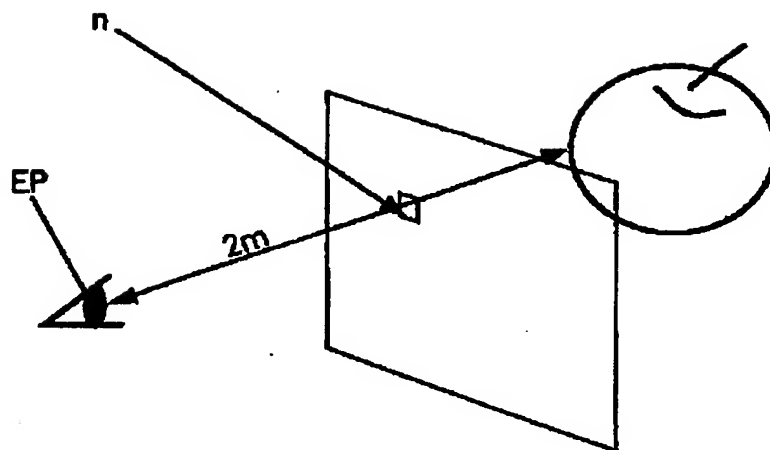
Drawing 4



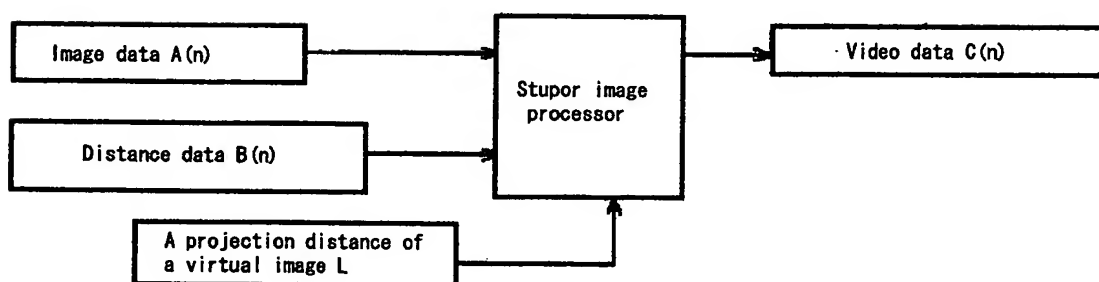
Drawing 5



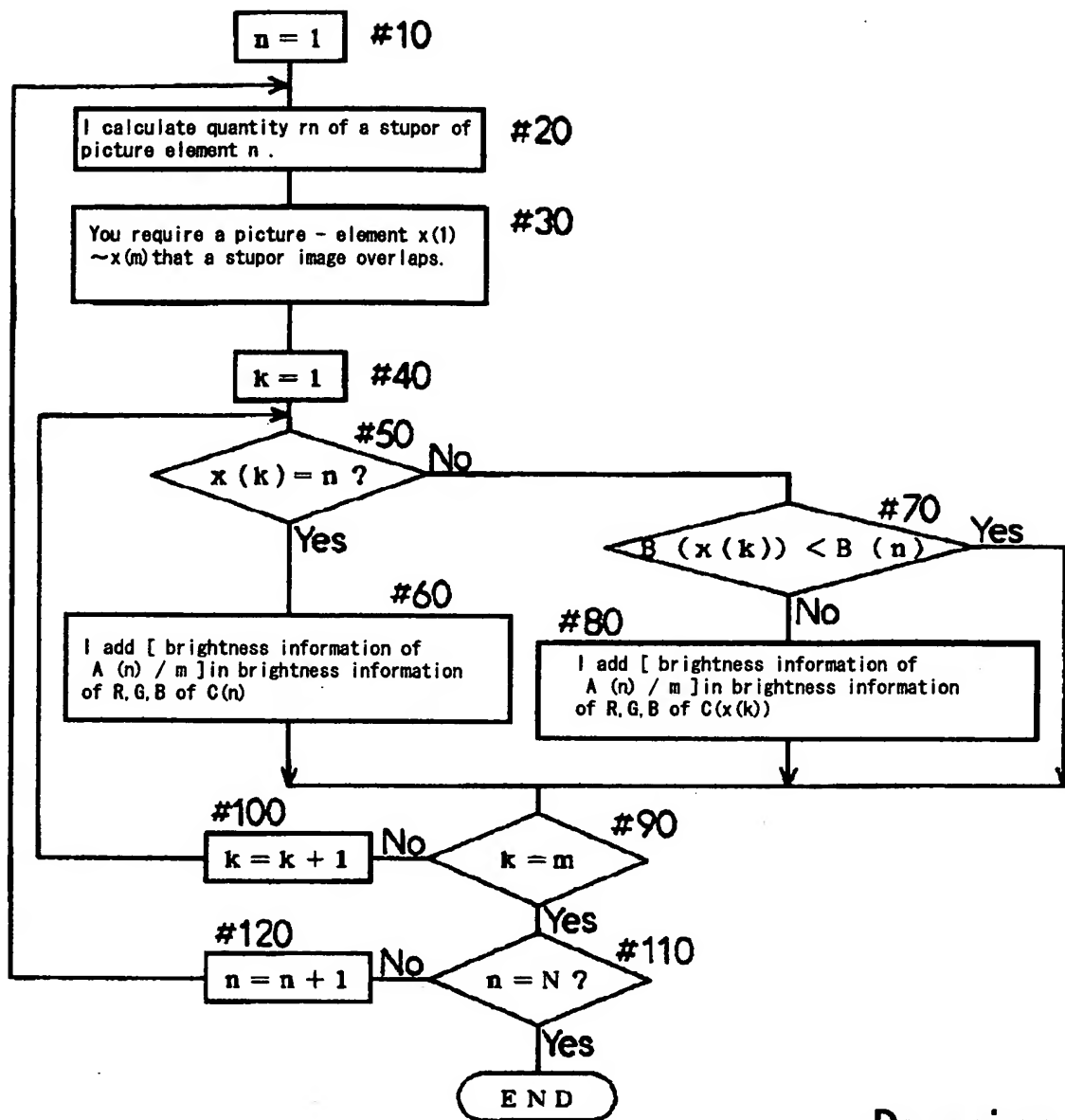
Drawing 6



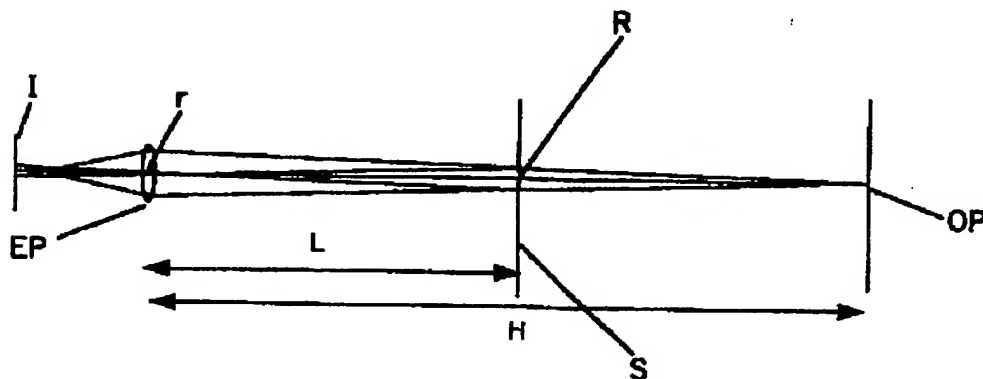
Drawing 7



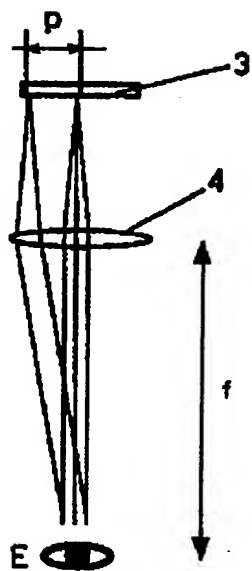
Drawing 8



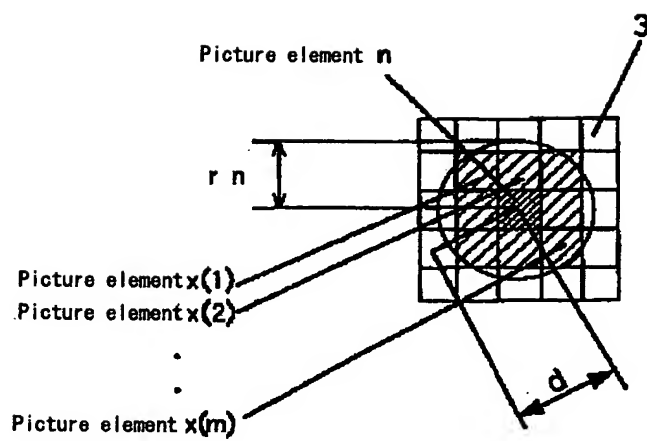
Drawing 9



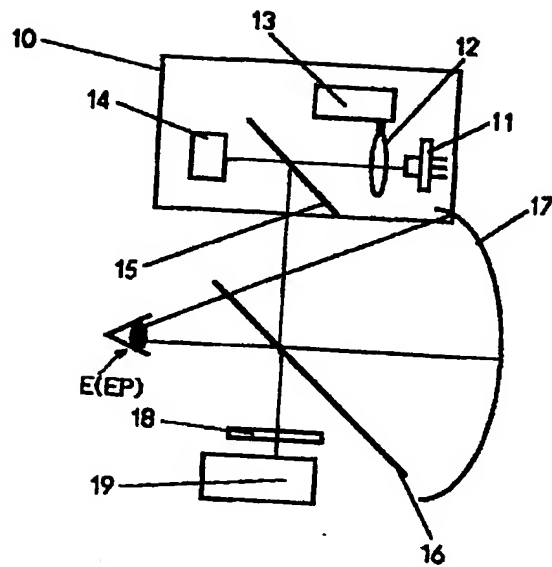
Drawing 10



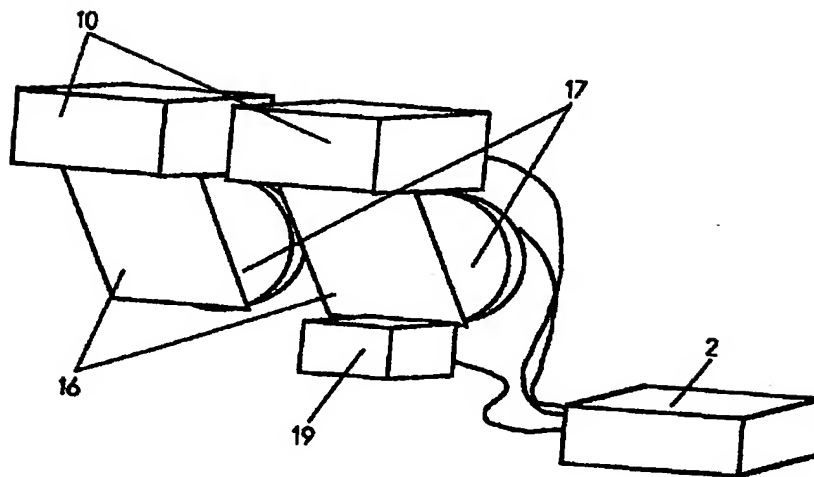
Drawing 11



Drawing 12



Drawing 13



Drawing 14

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-239634

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月11日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 2 B 27/22

G 0 2 B 27/22

H 0 4 N 13/04

H 0 4 N 13/04

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-43468

(22) 出願日 平成9年(1997) 2月27日

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 佐藤 彰

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

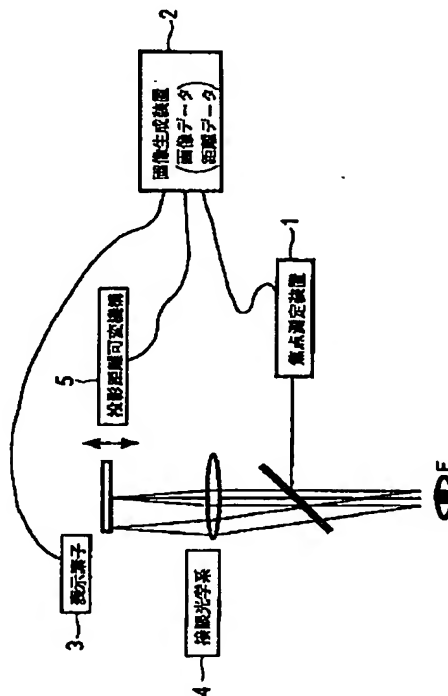
(74) 代理人 弁理士 佐野 静夫

(54) 【発明の名称】 立体映像表示装置

(57) 【要約】

【課題】 眼の疲労の少ない自然な立体映像を表示することができる立体映像表示装置を提供する。

【解決手段】 焦点測定装置1は、眼から注視点までの視距離を検出する。画像生成装置2は、複数の画素から成る原画像の画像データと、各画素についての距離データと、視距離と、に基づいてピンボケ処理が施された画像の表示データを生成する。表示素子3は、表示データに基づいて画像を表示する。接眼光学系4は、表示された画像を虚像として投影する。投影距離可変機構5は、注視点の位置に虚像が投影されるように虚像の投影距離を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の画素から成る原画像の画像データと、前記原画像の各画素についての距離データと、から生成した画像の表示データに基づいて、立体映像の表示を行う装置であって、
 観察者の眼から注視点までの視距離を検出する検出手段と、
 この検出手段で検出された視距離並びに前記画像データ及び距離データに基づいて、ピンボケ処理が施された画像の表示データを生成する画像生成手段と、
 この画像生成手段で生成された表示データに基づいて画像を表示する画像表示手段と、
 この画像表示手段で表示された画像を虚像として投影する画像投影手段と、
 前記注視点の位置に前記虚像が投影されるように虚像の投影距離を制御する制御手段と、
 を備えたことを特徴とする立体映像表示装置。

【請求項2】 前記画像生成手段は、前記表示データの生成において、前記原画像の各画素についてのピンボケ量を前記距離データ及び前記視距離から求め、前記各画素についての距離データとその画素の前記ピンボケ量に相当する領域内に位置する周辺画素についての距離データとを較べて、前記周辺画素よりも観察者に近い距離データを有する画素についてのみ、その画素がピンボケになるように前記周辺画素の表示データに処理を施すことを特徴とする請求項1に記載の立体映像表示装置。

【請求項3】 立体映像を表示する装置であって、観察者の眼から注視点までの視距離を検出する検出手段と、
 この検出手段で検出された視距離に応じてピンボケ処理が施された画像の表示データを生成する画像生成手段と、
 この画像生成手段で生成された表示データに基づいてレーザー光を発するレーザー光源と、
 このレーザー光源から発せられたレーザー光を集光する集光レンズと、
 この集光レンズで集光されたレーザー光を2次元に走査して中間像を形成するレーザー走査手段と、
 このレーザー走査手段によって形成された中間像を虚像として投影する接眼光学系と、
 前記注視点の位置に前記虚像が投影されるように前記レーザー光源と前記集光レンズとの間の距離を制御する制御手段と、
 を備えたことを特徴とする立体映像表示装置。

【請求項4】 立体映像を表示する装置であって、観察者の眼の屈折力を検出する検出手段と、
 観察者の眼から注視点までの視距離を前記検出手段で検出された屈折力から算出する算出手段と、
 この算出手段で算出された視距離に応じてピンボケ処理が施された画像の表示データを生成する画像生成手段

と、
 この画像生成手段で生成された表示データに基づいて画像を表示する画像表示手段と、
 この画像表示手段で表示された画像を虚像として投影する画像投影手段と、
 前記注視点の位置に前記虚像が投影されるように虚像の投影距離を制御する制御手段と、
 を備えたことを特徴とする立体映像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、立体映像表示装置に関するものであり、例えば、ヘッドマウントディスプレイ{HMD(head mounted display)}等に用いられて、立体映像を虚像として観察することを可能にする立体映像表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来のHMDは、ある決められた距離に右眼用・左眼用の虚像を投影して、両眼視差に基づいて立体映像の表示を行うように構成されている。この構成によると人間の眼の焦点調節機能が無視されるため、長時間立体映像を観察すると眼が疲れるといった問題が発生する。この問題を解決することを目的とした立体映像表示装置が、特開平6-235885号公報で提案されている。この装置は、両眼の視線方向を検出することにより眼球輻輳位置を求めて、その眼球輻輳位置に虚像を投影する構成をとっている。

【0003】また、立体映像の表示を行う他の装置として、レーザー走査型(いわゆる網膜直接描画タイプ)のHMDが米国特許第5,355,181号で提案されている。この装置によれば、レーザー走査を行いながら画像の各画素についての距離データに基づくフォーカシングを高速で行うことによって、立体映像の表示が行われる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】特開平6-235885号公報で提案されている装置には、左右両眼の輻輳位置の変化に合わせて表示映像の結像位置を自動調整し、眼球輻輳位置に結像位置を一致させるといった原理が採用されている。しかし、眼幅には個人間でバラツキがあるため、観察者の眼球輻輳位置を正確に求めるのは困難である。そして、表示映像の結像位置調整が不正確になると、眼球輻輳位置と結像位置とが一致せず、逆に眼が疲れやすくなるといった問題が発生する。

【0005】ところで、立体映像表示装置で遠い背景の手前に置かれた近距離の物体を見た場合、ぼやけた背景の前に輪郭のくっきりした手前の物体のエッジがはっきり見えるのが望ましい。しかし、米国特許第5,355,181号で提案されている装置によると、手前の物体のエッジにぼやけた背景の映像が入り込んでオーバーラップした状態に見えることになる。このため、立体映像が不自然になって、現実感が損なわれるといった問題が発生す

る。

【0006】本発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであって、その目的は、眼の疲労の少ない自然な立体映像を表示することができる立体映像表示装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第1の発明の立体映像表示装置は、複数の画素から成る原画像の画像データと、前記原画像の各画素についての距離データと、から生成した画像の表示データに基づいて、立体映像の表示を行う装置であって、観察者の眼から注視点までの視距離を検出する検出手段と、この検出手段で検出された視距離並びに前記画像データ及び距離データに基づいて、ピンボケ処理が施された画像の表示データを生成する画像生成手段と、この画像生成手段で生成された表示データに基づいて画像を表示する画像表示手段と、この画像表示手段で表示された画像を虚像として投影する画像投影手段と、前記注視点の位置に前記虚像が投影されるように虚像の投影距離を制御する制御手段と、を備えたことを特徴とする。

【0008】第2の発明の立体映像表示装置は、上記第1の発明の構成において、前記画像生成手段は、前記表示データの生成において、前記原画像の各画素についてのピンボケ量を前記距離データ及び前記視距離から求め、前記各画素についての距離データとその画素の前記ピンボケ量に相当する領域内に位置する周辺画素についての距離データとを較べて、前記周辺画素よりも観察者に近い距離データを有する画素についてのみ、その画素がピンボケになるように前記周辺画素の表示データに処理を施すことを特徴とする。

【0009】第3の発明の立体映像表示装置は、立体映像を表示する装置であって、観察者の眼から注視点までの視距離を検出する検出手段と、この検出手段で検出された視距離に応じてピンボケ処理が施された画像の表示データを生成する画像生成手段と、この画像生成手段で生成された表示データに基づいてレーザー光を発するレーザー光源と、このレーザー光源から発せられたレーザー光を集光する集光レンズと、この集光レンズで集光されたレーザー光を2次元に走査して中間像を形成するレーザー走査手段と、このレーザー走査手段によって形成された中間像を虚像として投影する接眼光学系と、前記注視点の位置に前記虚像が投影されるように前記レーザー光源と前記集光レンズとの間の距離を制御する制御手段と、を備えたことを特徴とする。

【0010】第4の発明の立体映像表示装置は、立体映像を表示する装置であって、観察者の眼の屈折力を検出する検出手段と、観察者の眼から注視点までの視距離を前記検出手段で検出された屈折力から算出する算出手段と、この算出手段で算出された視距離に応じてピンボケ処理が施された画像の表示データを生成する画像生成手

段と、この画像生成手段で生成された表示データに基づいて画像を表示する画像表示手段と、この画像表示手段で表示された画像を虚像として投影する画像投影手段と、前記注視点の位置に前記虚像が投影されるように虚像の投影距離を制御する制御手段と、を備えたことを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施した立体映像表示装置を、図面を参照しつつ説明する。なお、この実施の形態による立体映像の表示には、複数の画素から成る原画像の画像データと、原画像の各画素についての距離データと、から生成した画像の表示データが用いられるが、上記画像データや距離データは、後述するように既存の装置のハードウェア、ソフトウェアで標準的に生成されるものである。

【0012】《立体映像の表示原理(図1～図4)》まず、この実施の形態に採用されている、立体映像の表示原理を説明する。図1は観察者Pが見ている表示物(リングと木)と投影距離 L_1 、 L_2 との関係を示しており、図2(a)はそのために準備された原画像(この原画像には全面にわたるピンボケがないものとする。)を示している。この原画像中のリングと木の映像を、観察者Pが観察する場合を考える。観察者Pからリングまでの距離と木までの距離とが異なって見えるような立体表示を行う場合、眼Eに優しい自然な立体映像が観察されるようにするためには、観察者Pの眼Eの焦点が合っている距離(すなわち観察者Pの視距離)に応じて虚像の投影距離を変えてやる必要がある。そこで、観察者Pからリングまでの距離が2mで、観察者Pから木までの距離が50mの場合、眼Eがリングに焦点を合わせているときには投影距離(L_1)が2mとなるように虚像S1を動かし、眼Eが木に焦点を合わせているときには投影距離(L_2)が50mとなるように虚像S2を動かす。

【0013】このとき同時に、投影する映像に立体感を高めるための画像処理を施す。つまり、観察者Pが2m先のリングを見ているときには、図2(b)に示すようにリングをくっきり見せて木の方をぼかす画像処理を行い、観察者Pが50m先の木を見ているときには、図2(c)に示すように木をはっきり見せてリングをぼかす画像処理を行うのである。このように、原画像中に観察者Pからの距離が異なる表示物が2以上存在する場合には、各表示物を構成する画素について遠近関係(つまり距離データ)を検出し、観察者Pが見ていない表示物をピンボケ表示することによって、自然な遠近感のある立体映像を構成する。

【0014】さらに、リングと木が近接又はオーバーラップして観察されるときには、以下のような画像処理を行う。図3はリングと木が近接した映像を示しており、図4はリングと木がオーバーラップした映像を示している。図3、図4において、(a)は原画像であり、(b)は

観察者Pがリングを見ているときの映像であり、(c)は観察者Pが木を見ているときの映像である。

【0015】観察者Pが2m先のリングを見ているときには、図3(b)、図4(b)中の部分E1に示すように、遠景のぼけた木のエッジが近景のくっきりしたリングに重ならず観察されるようなピンボケ画像の生成を行う。観察者Pが50m先の木を見ているときには、図3(c)、図4(c)中の部分E2に示すように、近景のぼけたリングのエッジが遠景のくっきりした木に重なって観察されるようなピンボケ画像の生成を行う。このように、観察者Pからの距離が異なる2以上の表示物が近接又はオーバーラップして観察される場合には、各表示物を構成する画素について遠近関係(つまり距離データ)を検出し、ピンボケさせる表示物が手前にあるときのみオーバーラップした表示を行うことによって、更に自然な遠近感のある立体映像を構成する。

【0016】《実施の形態の基本構成・表示手順(図5、図6)》次に、本発明を実施した立体映像表示装置の基本的な構成を、片眼側について説明する。主な構成要素は、図5に示すように、焦点測定装置1、画像生成装置2、表示素子(液晶パネル等の2次元表示素子)3、接眼光学系4及び投影距離可変機構5である。

【0017】焦点測定装置1は、観察者Pの眼Eの屈折力を検出して、その屈折力に基づいて眼Eから注視点までの視距離(言い換えれば、眼Eが焦点を合わせている注視点の位置)を算出・出力する検出手段である。検出された視距離から、観察者Pが何メートル先を見ているかを知ることができる。

【0018】画像生成装置2は、焦点測定装置1で検出された視距離と画像データ及び距離データとに基づいて、後述するピンボケ処理が施された画像の表示データC(n)を生成する画像生成手段である。表示素子3は、画像生成装置2で生成された表示データC(n)に基づいて画像を表示する画像表示手段である。

【0019】接眼光学系4は、表示素子3で表示された画像を虚像として投影する画像投影手段である。投影距離可変機構5は、原画像中の表示物(例えばリングや木)の画角や位置を変えずに虚像位置を遠近に動かして、眼Eの注視点の位置に前記虚像が投影されるように、虚像の投影距離Lをオートフォーカスで制御する制御手段である。

【0020】図6に示す基本アルゴリズムは、上記構成要素を用いて行う表示手順を示している。まず、焦点測定装置1によって、眼Eの視距離を検出する(\$10)。検出された視距離と、原画像の各画素についての距離データと、から各画素のピンボケ度合い(ピンボケ量)を算出し、その結果に基づいて原画像の画像データにピンボケ処理を施して、画像の表示データを生成する(\$20)。そして、ピンボケ処理が施された画像の表示データを表示素子3で表示し、その画像を接眼光学系4で虚

像として投影し、その虚像を投影距離可変機構5で注視点の位置に投影する(\$30)。

【0021】《ピンボケ処理(図7～図12)》次に、画像生成装置2(図5)によって行われるピンボケ処理を説明する。N個の画素から成る原画像を準備し、各画素に1～N番の番号を与えて任意の画素の番号をnとする。原画像の映像{図2～図4の各(a)}には、原画像の各画素nについて、色情報、輝度情報等から成る画像データA(n)と、瞳EPから表示物までの距離を表す距離データB(n)と、が含まれている。例えば、図7に示すリングを表示する場合には、表示するリングの色情報、輝度情報が画像データA(n)に蓄えられており、2mという距離情報が距離データB(n)に蓄えられている{ただし、B(n)の値は、距離が大きい(遠い)ほど大きいものとする。}。

【0022】ピンボケ処理の過程(図8)において、データA(n)、B(n)と虚像の投影距離(すなわち眼Eの視距離)Lとから算出された表示データC(n)が、表示素子3による画像表示に用いられる。この表示データC(n)を算出するためのピンボケ処理は、後述するように原画像のすべての画素1～Nについて順次行われる(図9)。なお、データA(n)、C(n)は、一般に3原色(R、G、B)各々の輝度情報で表すことができる。

【0023】以下に、画素nについてのピンボケ処理の手順を、図9のフローチャートに基づいて説明する。なお、C(n)には、初期値として輝度ゼロの情報がピンボケ処理前に入力されているものとする。まず、画素番号の初期設定(#10、n=1)を行った後、画素nについての画像のボケ量r_nを算出する(#20)。

【0024】ここで、ボケ量r_nの算出方法を図10に基づいて説明する。図10における各符号は以下のように定義される。

I：観察者Pの眼Eの網膜上の像面。

EP：観察者Pの眼Eの瞳。

r：観察者Pの瞳EPの半径。

S：接眼光学系4を通して観察される虚像面。

R：虚像面Sにおけるボケ像の半径。

OP：ボケ量r_nを計算しようとしている画素nを空間的に配置した物点。

H：観察者Pの瞳EPから物点OPまでの距離(距離データB(n)より)。

L：観察者Pの瞳EPから虚像面Sまでの距離(焦点測定装置1より)。

【0025】物点OPが理想的な点像のとき、虚像面Sに観察される物点OPのボケの大きさは、虚像面Sにおけるボケ像の半径： $R = |r \times (H - L) / H|$ で表される。これを角度表示(ラジアン)に直すと、ボケ量の大きさ(半径)： $r_n = |2r(H - L) / LH|$ (ラジアン)となる。ここで、実際の計算における瞳EPの半径rについては、観察者Pの実際の瞳径を測定してもよいし、予

め決められた数値(例えば1mm~5mm)を用いてもよい。

【0026】図9のフローチャートに戻り、画素nについてのボケがその周辺に位置する画素(以下「周辺画素」ともいう。)にオーバーラップする領域を求める(#30)。図11に示すように、接眼光学系2(f :焦点距離)の焦点位置近傍に眼Eを置いて、表示素子3上の映像を観察するように構成された光学系を考えた場合、表示素子3上の距離 p は、見かけ上、 p/f (ラジアン)に相当する。そこで、図12に示すように、画素nからその周辺に位置する任意の画素までの距離を、画素nの中心と上記任意の画素の中心との間隔 d で定義し、さらに、式: $d/f < r_n$ を満たす位置にある周辺画素を、画素nがピンボケしてそのボケが上記任意の画素にオーバーラップする領域(すなわち、ピンボケ量に相当する領域)内に位置する周辺画素、と定義する。この定義にあてはまる周辺画素の番号を求め、番号の若い方から順に、周辺画素 $x(1)$, $x(2)$, ..., $x(m)$ とする。図9のステップ#40で、周辺画素番号 k の初期設定($k=1$)を行った後、求められた m 個の周辺画素 $x(1) \sim x(m)$ について、 $x(1)$ から順番に $x(m)$ まで以下の処理(#50~#100)を施してゆく。

【0027】周辺画素 $x(k)$ が画素nと同じか否かを判定する(#50)。周辺画素 $x(k)$ が画素nと異なるときは、画素nの周辺に位置する周辺画素 $x(k)$ の距離データ $B(x(k))$ と、オーバーラップさせる画素nの距離データ $B(n)$ と、を比較する(#70)。この判定(#70)では、 $B(x(k))$ と $B(n)$ とがほぼ同じ値のとき{例えば $B(x(k))$ と $B(n)$ との距離の差が10mm以下のとき}には、図3(c)、図4(c)に示すようなボケのオーバーラップが発生するように、距離データの桁数を制限した上で距離データの比較演算を行う。距離データの桁数の制限は、例えば10mm以下の桁を切り捨てることによって行う。

【0028】ステップ#70で、周辺画素 $x(k)$ よりも画素nの方が手前にあると判定した場合{ $B(x(k)) \geq B(n)$ の場合}、 $C(x(k))$ の3原色の輝度情報に $[A(n) \text{の輝度情報}/m]$ を足し合わせる(#80)。これにより、画素nの輝度が m 個の周辺画素 $x(1) \sim x(m)$ に均一に分散される。つまりここでは、画像データ $A(n)$ の輝度情報を周辺画素 $x(1) \sim x(m)$ の数(m)で割って足し合わせることにより、ピンボケした m 個の周辺画素 $x(1) \sim x(m)$ が集まってもとの画像データ $A(n)$ の輝度と同じになるようにする。この処理によって、図3(c)、図4(c)に示すように、木のエッジにリンゴのボケが入り込んでオーバーラップした映像が観察されることになる。

【0029】一方、ステップ#70で、画素nよりも周辺画素 $x(k)$ の方が手前にあると判定した場合{ $B(x(k)) < B(n)$ の場合}、 $C(x(k))$ を変化させない。C

($x(k)$)を変化させないことによって、図3(b)、図4(b)に示すように、ぼやけた木の前に輪郭のくっきりしたリンゴのエッジがはっきり観察されることになる。このように、もとのピンボケしていない周辺画素 $x(k)$ よりも、ピンボケさせようとする画素nの方が観察者Pから見て手前にある場合にのみ、ボケのオーバーラップ(図3(c)、図4(c))が発生するようにするのである。

【0030】ステップ#50の判定で周辺画素 $x(k)$ が画素nと同じときには、距離データの比較を行うまでもなく、既に蓄えられている $C(n)$ に $[A(n) \text{の輝度情報}/m]$ を足し合わせる(#60)。ステップ#90で $k=m$ となるまで上記処理(#50~#100)を繰り返し、ステップ#110で $n=N$ となるまで上記処理(#20~#120)を繰り返すことによって、1からNまでの全ての画素について表示データ $C(n)$ を生成する。得られた表示データ $C(n)$ に基づいて表示素子3で画像表示が行われ、接眼光学系4を通してピンボケの発生した映像が観察者Pによって観察される。

【0031】上記のように、画像生成装置2は、原画像(図2~図4の各(a))の各画素についてのピンボケ量 r_n を、距離データ $B(n)$ 及び視距離 L から求め(#20)、各画素nについての距離データ $B(n)$ と周辺画素 $x(k)$ についての距離データ $B(x(k))$ とを較べて(#70)、周辺画素 $x(k)$ よりも観察者Pに近い距離データ $B(n)$ を有する画素nについてのみ、その画素nがピンボケになるように周辺画素 $x(k)$ の表示データ $C(x(k))$ に処理(#80)を施している。この処理(#80)では、視距離 L 及び距離データ $B(n)$ に基づいて決まる複数の周辺画素 $x(k)$ に、画像データ $A(n)$ の輝度情報が分配され、周辺画素 $x(k)$ よりも観察者Pから遠い距離データ $B(n)$ を有する画素nについては、この処理(#80)は施されない。このように予め生成された画像データ $A(n)$ 及び距離データ $B(n)$ に対してピンボケ処理を施すことによって、立体映像の立体感を向上させることができる。

【0032】上記ピンボケ処理に用いる画像データ $A(n)$ や距離データ $B(n)$ は、従来より様々な立体映像表示に用いられているものである。例えば、3次元スキャナで取り込まれた映像は、画像を構成する各画素の距離データを画像データと共に持っている。本実施の形態によれば、そういった画像でも自然な立体映像観察が可能である。また、3次元グラフィックスを生成するコンピュータやゲーム機では、画像データを生成する過程で各画素の距離データを生成し、その距離データをZバッファと呼ばれるメモリーに蓄えている。したがって、本実施の形態によれば、それらの既存の装置のハードウェア、ソフトウェアを活かして、自然な立体映像を観察することが可能である。

【0033】《レーザー走査型HMDの光学構成(図13)》図13に、本発明を実施したレーザー走査型のH

MDの光学構成を示す。このHMDは、画像表示手段及び制御手段を構成する表示ユニット10と、画像投影手段(接眼光学系)を構成するハーフミラー16及び凹面鏡17と、検出手段を構成する赤外透過フィルター18及び焦点調節検出ユニット19と、を備えている。そして、前述した立体映像表示装置における2次元の表示素子3(図5)の代わりに、レーザー走査装置14等が画像表示手段として用いられている。

【0034】表示ユニット10は、画像生成装置2(図5)で生成された表示データに基づいてレーザー光を発するレーザー光源(ドライバーを含む。)11、レーザー光源11から発せられたレーザー光を集光する集光レンズ12、フォーカシング装置(例えば、リニアモーター等から成る)13、レーザー走査装置(例えば、ポリゴンミラー、ガルバノミラー等から成る)14及びハーフミラー15から成っている。表示データに基づいて画像表示を行う画像表示手段は、レーザー光源11、集光レンズ12、レーザー走査装置14及びハーフミラー15で構成されている。また、眼Eの注視点の位置に虚像が投影されるようにレーザー光源11と集光レンズ12との間の距離を制御する制御手段は、集光レンズ12とフォーカシング装置13とで構成されている。

【0035】レーザー光源11からのレーザー光は、集光レンズ12で収束光となり、ハーフミラー15を透過する。集光レンズ12は、フォーカシング装置13に結合されており、フォーカシング装置13からの制御信号に応じて光軸方向に駆動される。ハーフミラー15を透過したレーザー光は、レーザー走査装置14によって2次元に走査され、中間像が形成される。レーザー走査装置14から出たレーザー光は、ハーフミラー15で反射されてハーフミラー16へ向かう。そして、レーザー光はハーフミラー16、凹面鏡17で反射されて、ハーフミラー16を透過した後、観察者Pの瞳E Pの位置に導かれる。

【0036】このように、ハーフミラー16及び凹面鏡17から成る接眼光学系は、レーザー走査装置14によって形成された中間像を虚像として投影する。凹面鏡17の反射面は、ほぼ瞳E P位置を中心とした球面状を成しており、レーザー走査装置14は、凹面鏡17の反射面の球面中心とほぼ等価な位置に配置されている。また、表示ユニット10によってほぼ球面状の中間像が形成されるが、その中間像と凹面鏡17の反射面とはほぼ同心になっている。

【0037】ハーフミラー16の下側に配置されている焦点調節検出ユニット19は、赤外線指標を眼Eの網膜上に投影し、そのコントラストを計測することで眼Eの焦点調節の様子を検出し、その検出結果から視距離を得る仕組みになっている。焦点調節検出ユニット19から眼Eまでの光路は、ハーフミラー16で折り曲げられるが、表示ユニット10からハーフミラー16を通過して

焦点調節検出ユニット19へ直接入射してくるレーザー光を避けるために、ハーフミラー16と焦点調節検出ユニット19との間に、赤外線のみを透過させる赤外透過フィルター18が配置されている。この赤外透過フィルター18によって、ノイズを低減することができる。

【0038】フォーカシングは、フォーカシング装置13で集光レンズ12を移動させることによって行われるが、フォーカシングにより虚像位置を調節しても、レーザー走査装置14の走査角度で決まる像の見え目の大きさ(網膜上の像点位置)は変化しない。このように小さな集光レンズ12を移動させることによって、像の大きさを変えることなく虚像位置を調節することができるため、立体映像表示装置全体を非常に小さくすることができる。また、このHMDはレーザー光源11を表示ユニット10に備えた構成になっているが、表示ユニット10とは別に光源ユニットを設け、3つのレーザー光源からの光(R, G, B)をファイバーに入力し、ファイバーの出力側端面を図13における光源位置に配置することによって、立体映像表示装置のカラー化を達成することも可能である。

【0039】表示素子3(図5)のような2次元の表示素子(液晶パネル等)を用いた場合には、投影距離Lを変えるために表示素子3や接眼光学系4を動かすことになる。これらの構成要素は比較的サイズが大きいため、十分な精度を保って動かすことは容易ではない。また、表示素子3と接眼光学系4との間隔を変えるとときに収差による像の劣化が起こらないようにするため、複雑な光学系が必要になる。図13に示すようにレーザー走査で表示を行う表示装置を用いれば、レーザー光源11や集光レンズ12のように比較的小さな構成要素を動かせば済むため、より簡単に精度良く投影距離Lを変えることができる。しかも、接眼光学系4(図5)がハーフミラー16と凹面鏡17とから成っているため、簡単な構成であるにもかかわらず、像劣化のない投影が可能である。

【0040】《両眼視HMDの具体的構成(図14)》図14は、上記HMD(図13)を両眼視用に構成したHMDの外観を示している。このHMDは、表示ユニット10、ハーフミラー16及び凹面鏡17から成る観察光学系を左右両眼用にそれぞれ備えており、立体映像の観察が可能になっている。焦点調節検出ユニット19は右眼側にのみ設けられており、この焦点調節検出ユニット19からの信号に基づいてフォーカシング装置13が制御されて、左右両眼のフォーカシングが行われる。また、焦点調節検出ユニット19からの信号と画像生成装置2からの信号とに基づいて、前述したピンボケ処理が行われる。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように第1～第4の発明によれば、観察者の注視点位置に虚像が投影されるため、観察者の眼の疲労が少ないという効果がある。また、視

距離に応じたピンボケ処理が映像に施されるため、臨場感のある自然な立体映像の観察が可能である。

【0042】第2の発明によれば、ピンボケした背景にくっきりした前景が見えるという自然な遠近感が得られるため、更に臨場感の増した立体映像を観察することが可能である。この自然な遠近感表示によって、立体映像観察時の疲労が更に軽減されるという効果もある。

【0043】第3の発明によれば、例えばフォーカシングのために移動させる集光レンズ等を小型化することができるので、装置全体を非常に小さくすることができる。また、接眼光学系を球面鏡、ハーフミラー等で構成することができるため、フォーカシングにおいて網膜上での投影画像の位置ずれを発生させることなく、投影距離のみを変えることができる。しかも、虚像の全面にわたって良好な結像性能を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を実施した立体映像表示装置に採用されている表示原理を説明するための模式図。

【図2】図1における原画像及び観察される映像を示す図。

【図3】表示物が近接した原画像についてのピンボケ画像の発生状態を示す図。

【図4】表示物がオーバーラップした原画像についてのピンボケ画像の発生状態を示す図。

【図5】本発明を実施した立体映像表示装置の基本的構成要素を示すブロック図。

【図6】本発明を実施した立体映像表示装置の基本的アルゴリズムを示すフローチャート。

【図7】原画像の画像データ、距離データを説明するための図。

* 30

*【図8】ピンボケ処理の過程を説明するためのブロック図。

【図9】画像に施すピンボケ処理の手順を示すフローチャート。

【図10】ボケ量の算出を説明するための図。

【図11】ある画素についてのボケが周辺画素にオーバーラップする領域を説明するための図。

【図12】画素nについてのボケが周辺画素x(1)~x(m)にオーバーラップする領域を説明するための図。

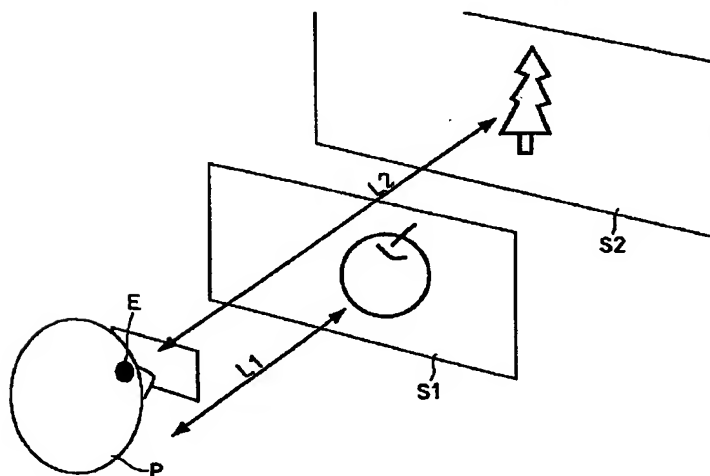
10 【図13】本発明を実施したレーザー走査型HMDの光学構成を模式的に示す縦断面図。

【図14】本発明を実施した両眼視HMDの外観構成を模式的に示す斜視図。

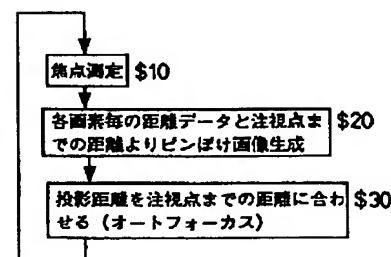
【符号の説明】

- 1 …焦点測定装置
- 2 …画像生成装置
- 3 …表示素子
- 4 …接眼光学系
- 5 …投影距離可変機構
- 20 10 …表示ユニット
- 11 …レーザー光源
- 12 …集光レンズ
- 13 …フォーカシング装置
- 14 …レーザー走査装置
- 15 …ハーフミラー
- 16 …ハーフミラー
- 17 …凹面鏡
- 18 …赤外透過フィルター
- 19 …焦点調節検出ユニット

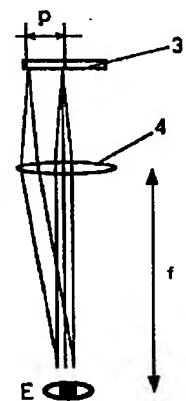
【図1】



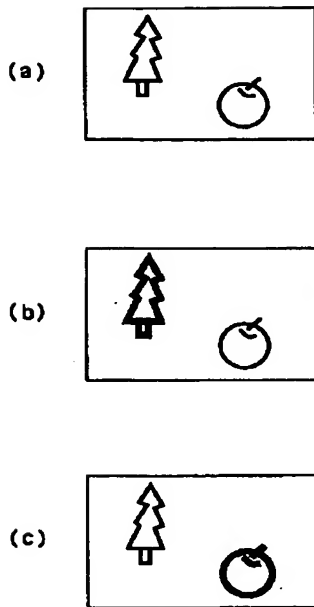
【図6】



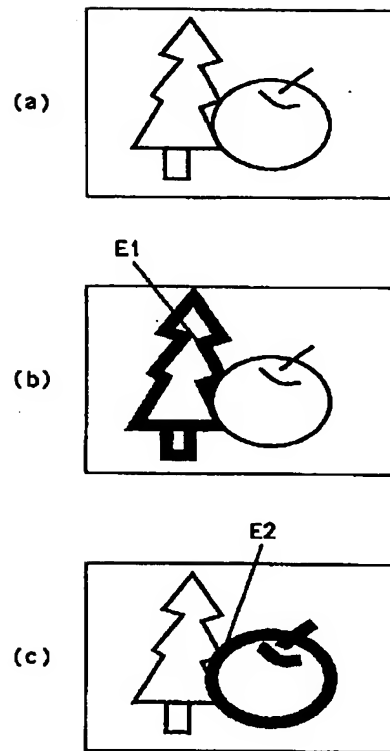
【図11】



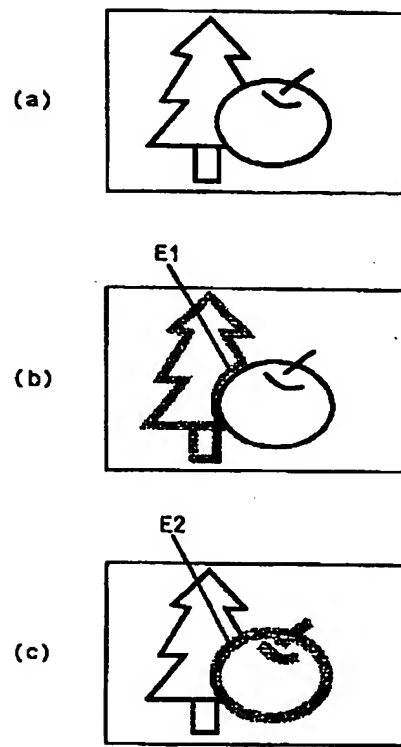
【図2】



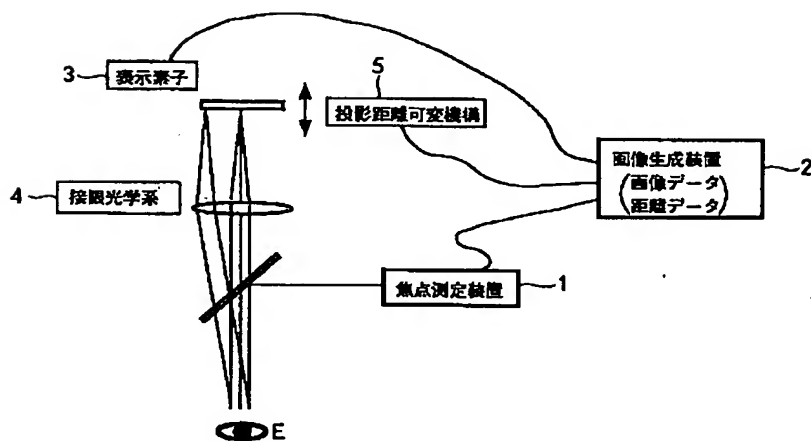
【図3】



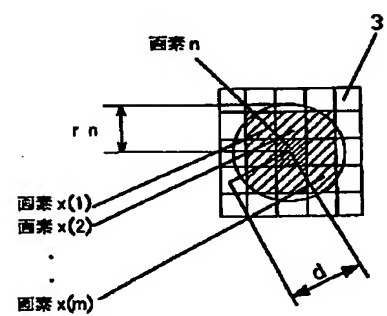
【図4】



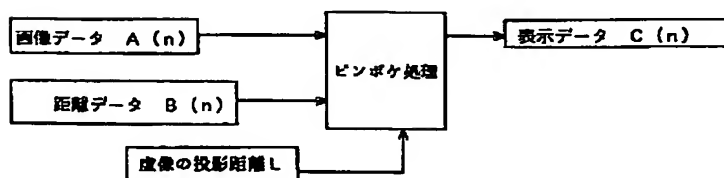
【図5】



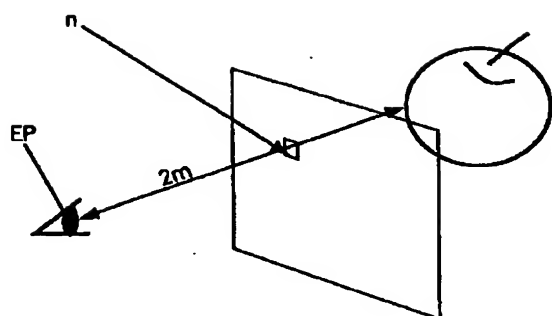
【図12】



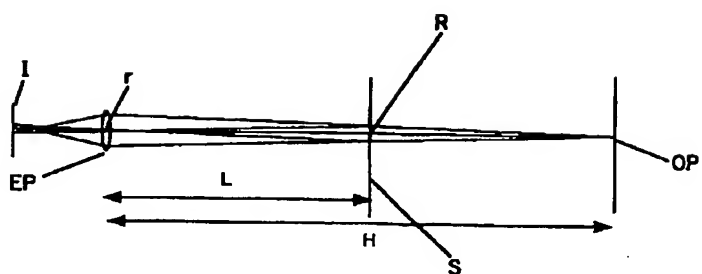
【図8】



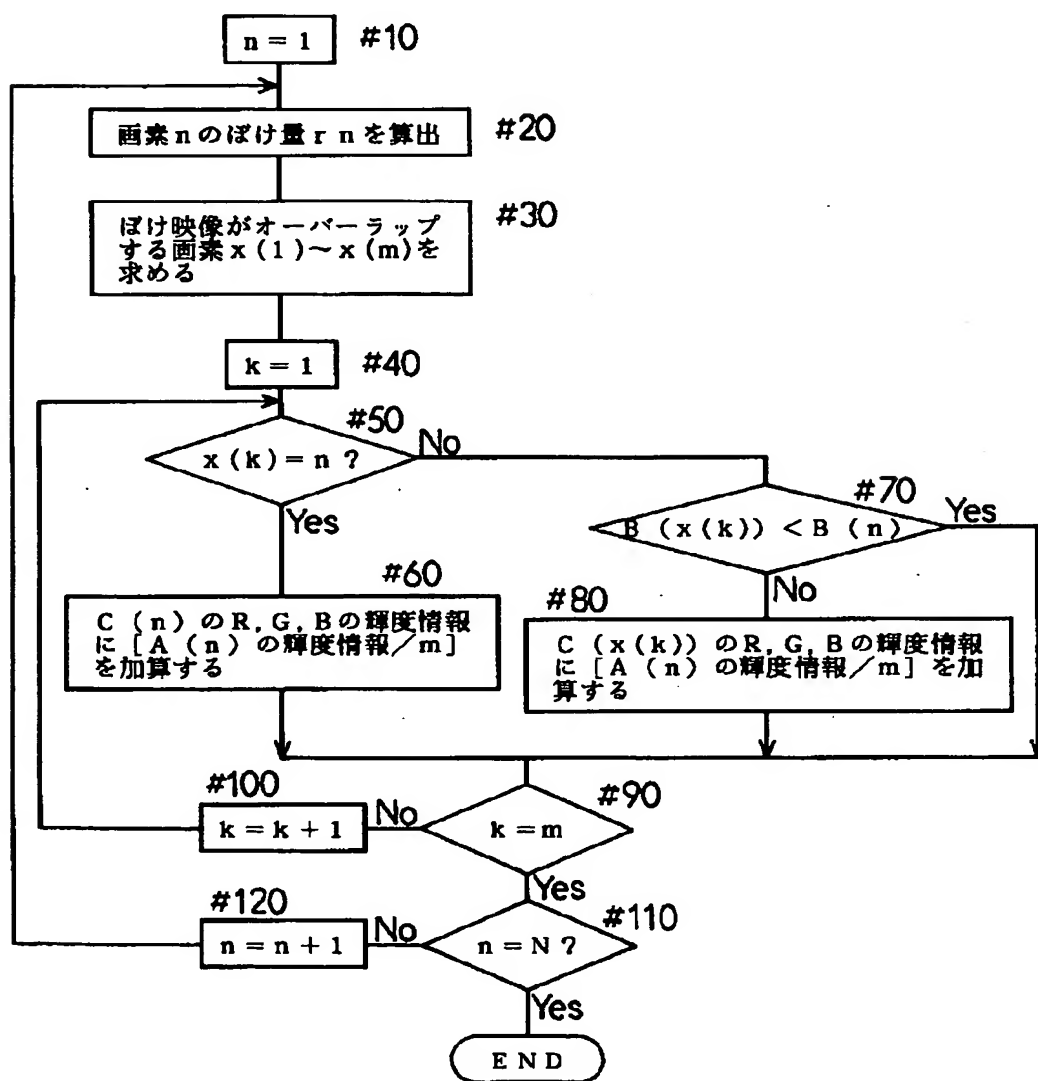
【図7】



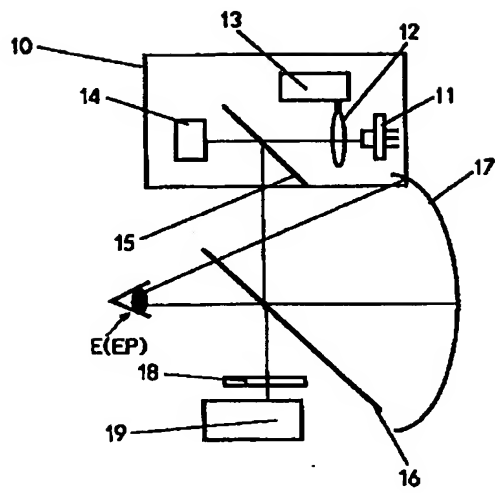
【図10】



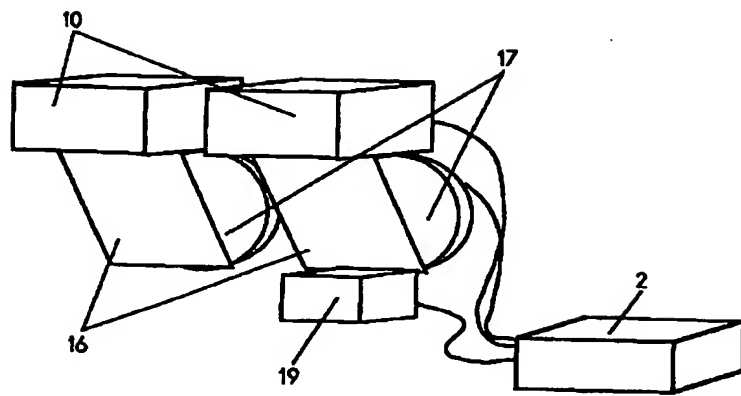
【図9】



【図13】



【図14】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.